

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-068220

(43)Date of publication of application : 09.03.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 09-215068

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 08.08.1997

(72)Inventor : OKUDA TETSURO

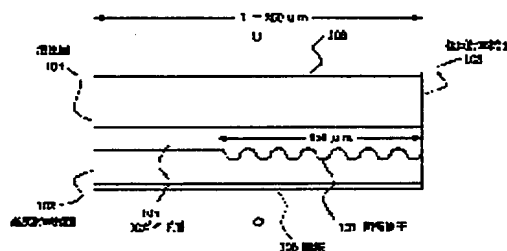
(54) SEMICONDUCTOR LASER AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide high monomode stability, yield, efficiency, and output characteristics by setting the element length of the specific range as the length of diffraction grating region, and the specific range as the product of the coupling coefficient of diffraction grating and the length of the diffraction grating region.

SOLUTION: An active layer 104 is installed between an electrode 106 on the high reflectivity side of an end face 102 and an electrode 106 on the low reflectivity side of an end face 103. The layer 104 is caught in an optical guide layer 105, and a diffraction grating 101 is formed in a part of the layer 105. Also, a resonance length between the high reflectivity end face 102 and the low reflectivity end face 103 is assumed to be 250 μ m. When the resonance length differs, the region length of the diffraction grating 101 is adjusted between 52% and 64% of the element length, and the product of the diffraction grating coupling coefficient and the length of the diffraction grating region is adjusted between 0.8 and 2.

Thereby, the apparatus provides high monomode stability, yield, efficiency, and output characteristics.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

08.08.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3024603

[Date of registration]

21.01.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(43)公開日 平成11年(1999)3月9日

審査請求 有 請求項の数6 OL (全 8 頁)

(74) 代理人 弁理士 若林 忠 (外4名)

Figure 1 is a cross-sectional view of a light guide device. The device includes a substrate 102, a light guide layer 106, and a reflective layer 108. A light source 104 is positioned on the left, and a light output port 101 is on the right. The light guide layer 106 features a wavy internal structure. The overall length of the device is labeled as $L = 250 \mu\text{m}$, and the width of the light guide layer is labeled as $150 \mu\text{m}$. The device is shown with a top surface and a bottom surface.

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 共振器方向についての一部に形成される回折格子と、共振器方向の全体にわたって形成される活性層と、光出射側となる一方の面には低反射膜が形成され、他方の面には高反射膜が形成された半導体レーザであって、

回折格子を形成する領域の長さが素子長の 52% 以上 64% 以下で、回折格子の結合係数と回折格子形成領域長の積が 0.8 以上 2 以下であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の半導体レーザにおいて、

回折格子を形成する領域の長さが素子長の 58% 以上 62% 以下で、回折格子の結合係数と回折格子形成領域長の積が 0.8 以上 1.0 以下であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 に記載の半導体レーザにおいて、

素子長が 250 μm 以下であり、前記活性層および回折格子は、回折格子が基板上に形成された活性層に対して基板と反対側となる位置に形成されるとともに回折格子の山谷の振幅が 300 \AA 以上であることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 4】 前記回折格子は共振器方向についての一部に形成される回折格子と、共振器方向の全体にわたって形成される活性層と、光出射側となる一方の面には低反射膜が形成され、他方の面には高反射膜が形成される半導体レーザの製造方法であって、

回折格子を形成する領域の長さを素子長の 52% 以上 64% 以下とし、回折格子の結合係数と回折格子形成領域長の積を 0.8 以上 2 以下とすることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の半導体レーザの製造方法において、

回折格子を形成する領域の長さを素子長の 58% 以上 62% 以下とし、回折格子の結合係数と回折格子形成領域長の積を 0.8 以上 1.0 以下とすることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項 6】 請求項 4 または 5 に記載の半導体レーザ製造の方法において、

素子長を 250 μm 以下とし、前記活性層および回折格子は、回折格子が基板上に形成された活性層に対して基板と反対側となる位置に形成するとともに回折格子の山谷の振幅を 300 \AA 以上とすることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体レーザに関し、特に、高出力・高効率特性を有し、発振の単一モード性に優れた半導体レーザおよびその製造方法に関する。

る。

【0002】

【従来の技術】 分布帰還型半導体レーザ (DFB: Distributed Feedback レーザ) は発振の単一モード性に優れ、中・長距離の光伝送システム用光源として用いられている。また、出射側となる一方の面に低反射率膜、他方の面に高反射率膜を施すことにより高効率・高出力特性が実現されている。しかし、従来の DFB レーザでは、劈開端面において回折格子の位相の影響を強く受けるために、素子特性のばらつきが大きく、歩留まりが制限されていた。

【0003】 上記のような問題に対して、例えば、両端面に低反射率コーティングを施し、共振器の中央部に入/4 位相シフトを有する回折格子からなる入/4 位相シフト型 DFB レーザが提案されている。このようなレーザでは、劈開端面において回折格子の位相の影響を受けないために高い素子歩留まりが実現されている。しかし、入/4 位相シフト型レーザでは両端面のいずれも低反射率コーティングされることからほぼ同じ光出力が出射され、このために、高効率および高出力特性を得ることは困難であった。

【0004】 一方、特開昭 62-219684 号公報および米国特許 5,111,475、特開平 6-310806 号公報、特開平 8-264897 号公報には共振器方向の一部に回折格子を形成する半導体レーザが提案されている。これらはいずれも出射側となる一方の面が低反射率、他方の面が高反射率の端面とされ、出射側となる一方の面から共振器内部に向かって共振器方向の一部分に回折格子が形成された半導体レーザである。

【0005】 特開昭 62-219684 号公報に記載の半導体レーザ (第 1 の従来例) は、図 6 に示すような構造を有するものであり、電極 606-606 間に設けられた活性層 604 に対して部分的に回折格子 601 が形成されている。高反射率の端面 602 と低反射率の端面 603 の間となる共振器長は約 300 μm で、回折格子 601 の高さ (山谷の振幅) は 300 \AA 程度とされ、回折格子 601 の形成領域長は出射側となる一方の面から 50~150 μm とされており、その結合係数は約 30 cm^{-1} である。

【0006】 上記の半導体レーザは DFB レーザの高出力化を目的としたものであり、結合係数 (κ) と素子長 (L) の積 κL を $\kappa L < 0.5$ とすることを特徴としている。DFB レーザを高出力化するためには κL を小さくすることが必要であるが、高出力特性を得るためには共振器長 L を短くできないために結合係数の方を小さくする必要がある。しかし、結合係数を小さくするためには DFB レーザの光導波路に形成する回折格子の高さを低くする必要があるが、低い回折格子を再現性よく形成することが困難である。そこで、回折格子の長さを短くすることにより、実質的に κL を小さくしたものが第 1

の従来の半導体レーザの特徴である。しかし、特開昭62-219684号公報に記載の半導体レーザは発振の単一モード性を改善するものではなく、 κL の値が小さいために、単一モード安定性の優れた半導体レーザを得るのは困難であった。

【0007】一方、米国特許5111, 475に記載の半導体レーザ(第2の従来例)では、図7に示すように素子長 L が $250\mu\text{m}$ 、回折格子形成領域長が $175\mu\text{m}$ とされ、回折格子の結合係数と回折格子を形成する領域の長さの積を1.6から2.5の範囲としている。この半導体レーザはアナログ変調時における相互変調歪の低減を目的としたものであり、電流注入に伴う共振器内部の電界強度分布の変化に着目し、電流-光出力($I-L$)特性の微分(dL/dI)と電流の特性を所望の形状に制御し、 $dL/dI-I$ 曲線のピークを高バイアス値になるように設計したものである。しかし、この発明も発振の単一モード性に着目した設計ではなく、デジタル変調時の単一モード発振の安定性は保証されていなかった。

【0008】また、特開平6-310806号公報に記載の半導体レーザ(第3の従来例)、および特開平8-264897号公報に記載の半導体レーザ(第4の従来例)もアナログ変調を目的とし、アナログ変調時の相互変調歪の原因となる共振器方向の電界強度分布を平坦化し、同時に端面での回折格子位相の影響を抑制することにより、高い素子歩留まりを得るという効果を得ている。

【0009】これらのレーザでは図8に示すように回折格子の結合係数と回折格子を形成する領域の長さの積はおよそ0.4か0.6の範囲とし、回折格子形成領域長を共振器長の約 $1/3$ とすることにより、共振器方向電界強度分布の平坦化と高歩留まり特性を実現している。

【0010】通常のDFBレーザでは劈開端面における回折格子の位相が制御できないために素子特性にばらつきが生じ、理論的に歩留まりが制限されていたが、この発明では、回折格子自体を高反射率の端面から離すことにより、端面での回折格子の影響を抑制し、歩留まりを改善している。また、出射側となる一方の面近傍に形成された回折格子の結合係数をうまく与えることにより、共振器内部の電界強度分布を平坦化し、これらの効果を得て、アナログ変調用として低歪特性と高歩留まり特性を実現したものである。

【0011】しかし、これらのレーザは発振の単一モード性よりも共振器方向の電界強度分布の平坦化と素子特性の均一性を優先させた設計であるために、デジタル変調用として用いるには発振の単一モード性が不十分であった。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、従来の半導体レーザでは、高い単一モード安定性と高歩留まり

特性および高効率・高出力特性を両立することは困難であった。本発明の目的は、高い単一モード安定性と高歩留まり特性と高効率・高出力特性を併せ持つ半導体レーザおよびその製造方法を実現することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザは、共振器方向についての一部に形成される回折格子と、共振器方向の全体にわたって形成される活性層と、光出射側となる一方の面には低反射膜が形成され、他方の面には高反射膜が形成された半導体レーザであって、回折格子を形成する領域の長さが素子長の52%以上64%以下で、回折格子の結合係数と回折格子形成領域長の積が0.8以上2以下であることを特徴とする。

【0014】また、上記においては、回折格子を形成する領域の長さが素子長の58%以上62%以下で、かつ回折格子の結合係数と回折格子形成領域長の積が0.8以上1.0以下であることが好適である。

【0015】上記のいずれにおいても、素子長が $250\mu\text{m}$ 以下であり、前記活性層および回折格子は、回折格子が基板上に形成された活性層に対して基板と反対側となる位置に形成されるときにも回折格子の山谷の振幅が 300\AA 以上であることとしてもよい。

【0016】本発明の半導体レーザの製造方法においては、上記の半導体レーザを実現するために、素子長、回折格子を形成する領域の長さの素子長に対する割合、回折格子の結合係数、回折格子形成領域長の積および回折格子の山谷の振幅が決定されている。

【0017】「作用」図3は、本発明の半導体レーザの単一モード発振する素子の所定の性能に対する歩留まりの回折格子形成領域長および結合係数依存性を計算した結果を示す等高線図である。等高線の状態は素子に要求される性能に応じて異なるものとはなるが、等高線が変化する様子は図3に示すものと等しいものとなる。本発明においては、素子長、回折格子を形成する領域の長さの素子長に対する割合、回折格子の結合係数、回折格子形成領域長の積および回折格子の山谷の振幅を上記のように決定することにより高い単一モード安定性と高歩留まり特性と高効率・高出力特性を実現することができるものとなる。

【0018】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態について説明する。まず、本発明の原理について説明する。図2は、本発明における半導体レーザの発振の単一モード性の指標となる規格化反射鏡損失差特性を示すグラフである。

【0019】図2においては半導体レーザの出射側となる一方の面の反射率を1%、他方の面の反射率を90%とし、結合係数を 60cm^{-1} 、回折格子形成領域長を $100\mu\text{m}$ とした場合に、回折格子を形成しない領域の長さを変化させたときの規格化反射鏡損失差特性を示し、

図2(a)~(c)のそれぞれは、共振器長(L)を100 μm 、150 μm および300 μm とした半導体レーザをモデルとしている。ここで、共振器長を100 μm とした場合には通常のDFBレーザとなる。各図では横軸を相対波長差 $\delta\beta$ とし、縦軸を規格化反射鏡損失としている。

【0020】相対波長はブラッグ波長 λ_B 、導波路の等価屈折率 n_{eq} を用いて $\delta\beta = 2n_{eq}\pi(1/\lambda - 1/\lambda_B)$ と表される。また、縦軸は簡単のために、規格化反射鏡損失の最小値($\Delta\alpha L_{min}$)からの差を示しており、この値が大きくなほど発振の単一モード性がよいことになる。実際の発振モードは図2(a)~(c)中に実線で示した反射鏡の特性と、端面により決まるファブリーペローモードが一致する点で決まる。図2ではこれらを黒丸で示しているが、ファブリーペローモードは全共振器を反映した間隔で位置し、発振の位相条件を満たすと同時に回折格子の反射鏡損失の最も小さい点が主モードとなって発振する。したがって、2番目に反射鏡損失が小さくなる発振点である副モードの反射鏡損失と主モードの反射鏡損失の差(反射鏡損失差)が大きいほど発振の単一モード性がよいことになる。

【0021】上述したように図2(a)は通常のDFBレーザの場合の結果であるが、100 μm の共振器長を反映した間隔で発振モードが位置し、反射鏡損失特性はゆるやかなカーブを示している。ここで、回折格子を形成しない領域を設け、共振器長を150 μm とした場合の結果が図2(b)となる。

【0022】図2(b)に示す例では、共振器内に回折格子を形成しない領域が存在することにより、ファブリーペロー間隔が狭くなる一方で、副モードに相当する波長で反射鏡損失が局所的に増大する部分が現れ、反射鏡損失差が大きくなることがわかる。これは、両端面で構成される共振器と回折格子が形成された領域のみで形成される共振器の2つで構成される複合共振器の効果があらわれることによる。また、共振器長が長くなるために、ファブリーペローモード位置間隔が狭くなり、ちょうど局所的に反射鏡損失が高い波長領域に副モードが位置することにより、高い反射鏡損失差が得られることになる。

【0023】さらに、回折格子を形成しない領域を延長し、共振器長を300 μm とした場合には、図2(c)に示すように、副モードが主モードに近くなるために、反射鏡損失差は小さくなる。したがって、回折格子を形成しない領域を共振器の一部に設けることにより、共振器全体にわたって回折格子を形成した通常のDFBレーザよりも、発振の単一モード性を高くすることが可能であり、そのためには共振器長と回折格子形成領域長をうまく設計することが必要であることがわかる。図3は、上述したように本発明の半導体レーザの単一モード発振する素子の所定の性能に対する歩留まりの回折格子形成

領域長および結合係数依存性を計算した結果を示す等高線図である。ここでは、共振器長を250 μm の場合について、端面での回折格子位相の異なる256素子について規格化反射鏡損失差($\Delta\alpha L$)を計算し、 $\Delta\alpha L > 0.3$ となる素子の割合を歩留まりとしている。比較として、従来の半導体レーザの構造も図中に示している。ただし、第1の従来例の半導体レーザは結合係数が30 cm^{-1} と小さいので図で示した範囲からはずれている。実際の半導体レーザの生産においては、50%以上の歩留まりが要求されるため、製造工程での不良を考慮すると、理論的歩留まりとしては65%以上の歩留まりが要求される。

【0024】上記のような要求に対して、図3から、結合係数を55 cm^{-1} から75 cm^{-1} の範囲に、また回折格子形成領域長を130 μm から160 μm の範囲にすることにより65%以上の歩留まりが実現できる。さらに、結合係数を58 cm^{-1} から62 cm^{-1} の範囲に、また回折格子形成領域長を145 μm から155 μm の範囲にすることにより70%以上の歩留まりが得られることが分かる。

【0025】このような知見は、本発明の原理に基づけば、上記の250 μm の共振器長以外にも適用可能であり、共振器長が異なる場合でも、結合係数と回折格子形成領域長の積を0.8から1.2、回折格子形成領域長を共振器長の52%以上64%以下とすれば、65%以上の歩留まりが得られる。

【0026】また、回折格子形成領域長を共振器長の58%以上62%以下とし、結合係数と回折格子形成領域長の積が0.8以上1.0以下であれば、70%以上の歩留まりが得られることになる。

【0027】

【実施例】まず、第1の実施例について図面を参照しながら説明する。図1に本発明の半導体レーザの第1の実施例の構造を示す断面図である。

【0028】図1に示す実施例は、電極106-106間に設けられた活性層104を挟み込む光ガイド層105の一部に回折格子101が形成されている。高反射率の端面102と低反射率の端面103の間となる共振器長は250 μm とされ、回折格子形成領域長は解析結果から最適とされる150 μm とされている。

【0029】図4は回折格子の高さをパラメータとして計算した光ガイド層組成と結合係数の関係を示す図である。なお、ここで得られた結合係数の値は、光ガイド層の厚さを1000 \AA として計算した結果であるが、800 \AA ~1200 \AA の範囲でほとんど同じ値が得られている。したがって、このような回折格子構造では図3の結果から結合係数は60 cm^{-1} 付近にすればよい。さらに、再現性良く回折格子を形成するためには、回折格子の高さは200 \AA から300 \AA の範囲にすることが望ましいために、光ガイド層のバンドギャップ波長組成は

1. $0.5\mu\text{m}$ から $1.2\mu\text{m}$ の範囲にすればよい。

【0030】作製した半導体レーザの規格化反射鏡損失差($\Delta\alpha L$)を評価したところ、約50%の素子が $\Delta\alpha L > 0.3$ を満足した。一方、同時に作製した同じ共振器長のDFBレーザでは、35%であった。

【0031】次に、本発明の第2の実施例について図面を参照しながら説明する。図5は本発明の半導体レーザの第2の実施例の構造を示す断面図である。

【0032】本実施例は電極506-506間に設けられた活性層504を挟み込む光ガイド層505の一部に回折格子501が形成されている。高反射率の端面102と低反射率の端面503の間となる共振器長は $200\mu\text{m}$ とされ、この場合の最適な回折格子形成領域長は $120\mu\text{m}$ で結合係数は約 75cm^{-1} となる。このような短共振器長のレーザはウエハからの収率が高く、低コスト化に適しているが、反面、温度による内部損失の増大が大きく、良好な温度特性が得られにくいことが知られている。したがって、本実施例のような $250\mu\text{m}$ よりも短い共振器長の素子の場合、内部損失を低減するために、短波長組成の光ガイド層を適用する必要がある。

【0033】しかし、例えば $1.05\mu\text{m}$ 波長組成の光ガイド層を用いた場合、必要となる回折格子の高さ(山谷の振幅)は約 400\AA となり、このような高い回折格子に活性層を成長させることは困難である。そこで、本実施例では図5に示すように、活性層504の上部に光ガイド層505と回折格子501を形成した構造を用いている。このようにすることにより、活性層504に影響を与えることなしに高い回折格子501を形成する

ことが可能となり、短い共振器長で発振の単一モード性と温度特性にすぐれた半導体レーザを実現することができた。

【0034】

【発明の効果】本発明による半導体レーザおよびその製造方法によれば、高い単一モード安定性と高歩留まり特性と高効率・高出力特性を併せ持つ半導体レーザを実現することができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の構成を示す断面図である。

【図2】本発明の原理を示す図である。

【図3】本発明の原例を示す図である。

【図4】本発明の実施例を説明するための図である。

【図5】本発明の一実施例を説明するための図である。

【図6】従来の半導体レーザを説明するための図である。

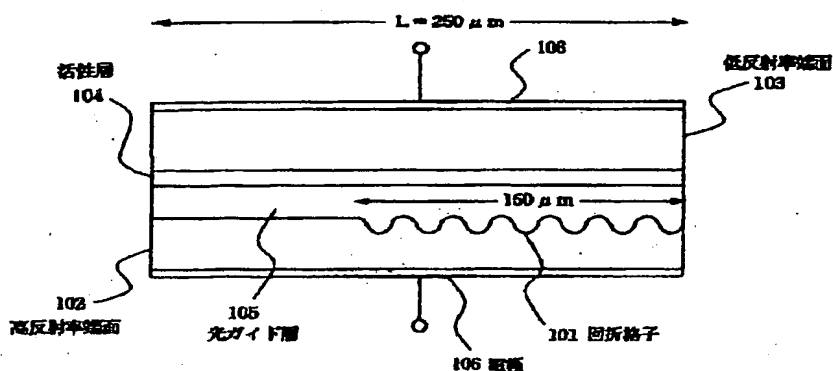
【図7】従来の半導体レーザを説明するための図である。

【図8】従来の半導体レーザを説明するための図である。

【符号の説明】

- | | |
|-----|--------|
| 101 | 回折格子 |
| 102 | 高反射率端面 |
| 103 | 低反射率端面 |
| 104 | 活性層 |
| 105 | 光ガイド層 |
| 106 | 電極 |

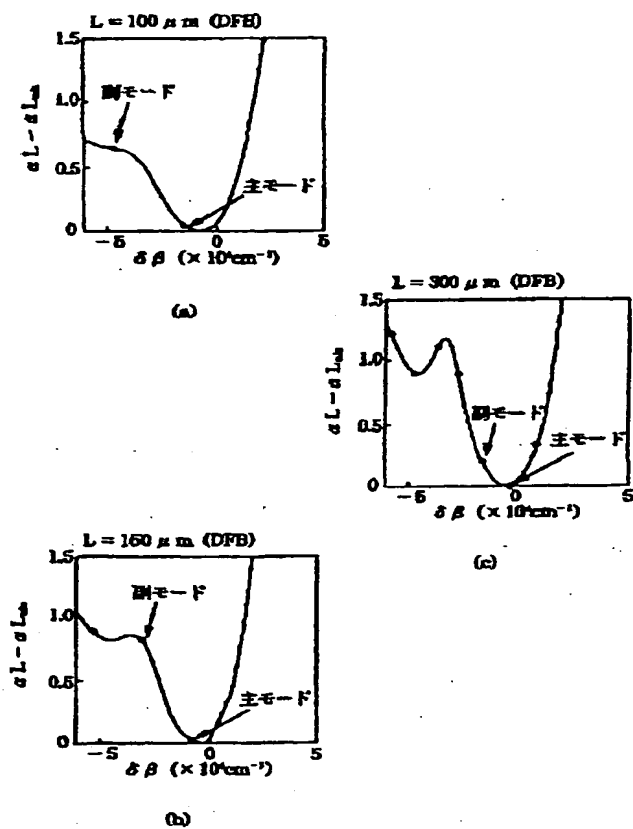
【図1】



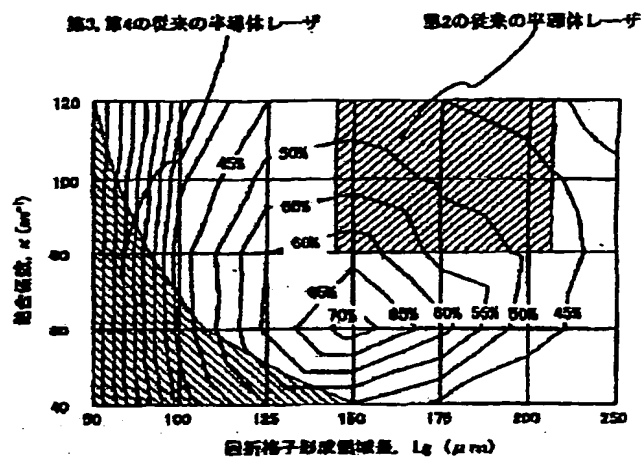
(6)

特開平 1 1 - 6 8 2 2 0

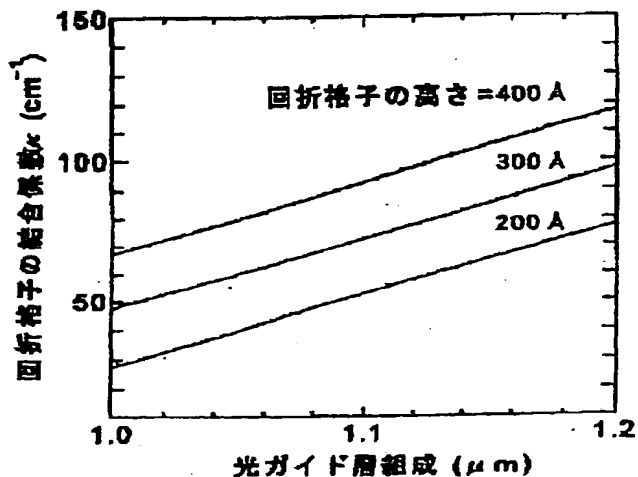
【図2】



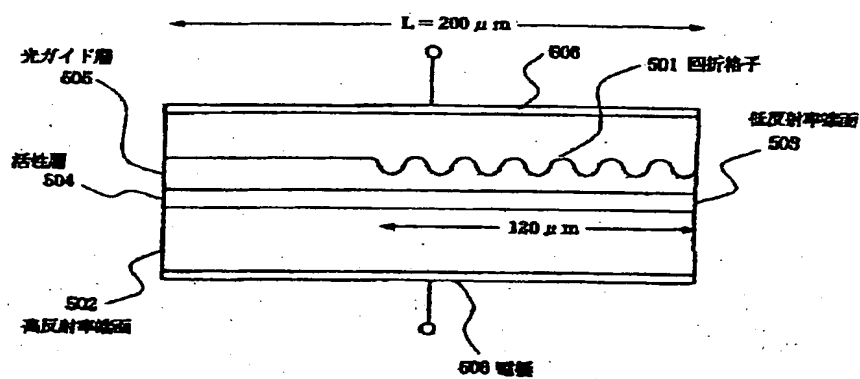
【図3】



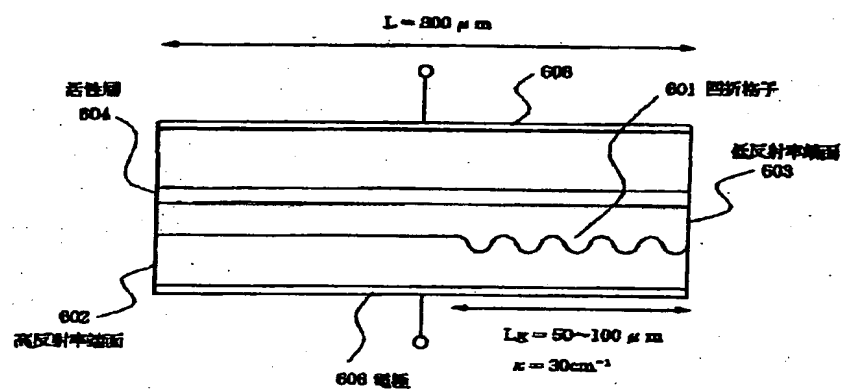
【図4】



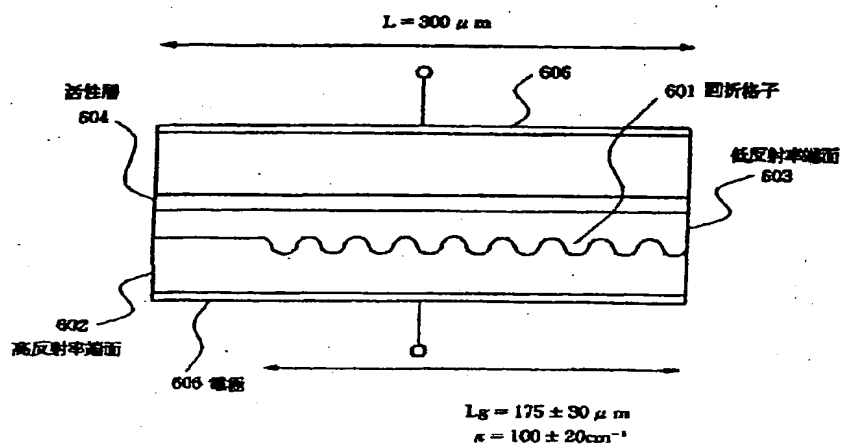
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

